

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002394

International filing date: 17 February 2005 (17.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-326316  
Filing date: 10 November 2004 (10.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

01.04.2005

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 4 年 1 1 月 1 0 日  
Date of Application:

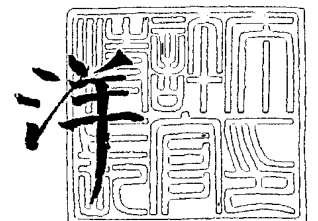
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 4 - 3 2 6 3 1 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 4 - 3 2 6 3 1 6 ]

出      願      人                      東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年    3 月 2 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 JP042300  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/285  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 野口 秀幸  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 佐々木 勝  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000219967  
    【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100099944  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 高山 宏志  
    【電話番号】 045-477-3234  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 062617  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9606708

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室をクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするにあたり、クリーニングの終点を検出するクリーニングの終点検出方法であって、

前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加するラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なうことを特徴とする、クリーニングの終点検出方法。

**【請求項 2】**

前記クリーニングガスは、水素ガスと不活性ガスを含むガスであり、前記ラジカルは水素ラジカルであることを特徴とする、請求項 1 に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 3】**

前記基板の処理は、前記金属系膜を含む基板の酸化処理であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 4】**

前記金属系膜がタングステン系膜であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 5】**

前記タングステン系膜を含む基板の酸化処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含む積層膜におけるポリシリコン膜の選択酸化処理であることを特徴とする、請求項 4 に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 6】**

前記選択酸化処理および前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマまたは平面アンテナ方式によるプラズマにより実施されることを特徴とする、請求項 5 に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 7】**

前記選択酸化処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることを特徴とする、請求項 5 に記載のクリーニングの終点検出方法。

**【請求項 8】**

金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室をクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加するラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なうことを特徴とする、クリーニング方法。

**【請求項 9】**

前記金属系膜がタングステン系膜であることを特徴とする、請求項 8 に記載のクリーニング方法。

**【請求項 10】**

前記基板の処理後、大気開放することなく前記処理室内にクリーニングガスを導入し、クリーニングガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、請求項 8 または請求項 9 に記載のクリーニング方法。

**【請求項 11】**

前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマまたは平面アンテナ方式によるプラズマにより実施されることを特徴とする、請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

**【請求項 12】**

前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることを特徴とする、請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

**【請求項 13】**

コンピュータ上で動作し、実行時に、請求項 8 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載されたクリーニング方法が行なわれるようにプラズマ処理装置を制御することを特徴とする、制御プログラム。

【請求項 14】

コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶されたコンピュータ記憶媒体であって、  
前記制御プログラムは、実行時に、請求項 8 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載されたクリーニング方法が行なわれるように、プラズマ処理装置を制御するものであることを特徴とする、コンピュータ記憶媒体。

【請求項 15】

プラズマを発生させるプラズマ供給源と、  
前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、  
前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、  
前記処理容器内を減圧するための排気手段と、  
前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、  
請求項 8 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載されたクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部と、  
を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】クリーニングの終点検出方法およびクリーニング方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、クリーニングの終点検出方法およびクリーニング方法に関し、より詳しくは、プラズマ処理装置においてタングステン等の金属で汚染された処理室に対しクリーニングを行なう際の終点検出方法およびクリーニング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近時、LSIの高集積化、高速化の要請からLSIを構成する半導体素子のデザインルールが益々微細化されており、それにともなって、DRAM等に用いられるトランジスタのゲート電極の低抵抗化が求められている。そのため、より抵抗の低いW系膜がゲート電極として用いられつつあり、タングステンポリサイド(WSi/poly-Siの積層膜)や、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート(W/WN/poly-Siの積層構造)が注目されている。

【0003】

一方、このようなタングステンポリメタルゲートやタングステンポリサイドを用いたゲート電極の製造プロセスにおいて、その側面のポリシリコンを選択酸化する修復酸化工程が存在するが、その際に、タングステン酸化を抑制しつつポリシリコンを選択酸化する観点から、プラズマ密度が高い低電子温度プラズマにより低温処理が可能な、RLSA(Radial Line Slot Antenna)マイクロ波プラズマ処理装置が用いられている(例えば、特許文献1)。

【0004】

このような処理においては、タングステンを含むSiウエハを処理することとなり、処理後の処理チャンバーはタングステンで汚染された状態となる。このような処理チャンバーで次の選択酸化処理を行う場合には、タングステンが処理に悪影響を与え、タングステンがコンタミネーションとして素子に入り込むおそれがある他、タングステンによって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、クリーニングにより選択酸化処理後の処理チャンバーのタングステン汚染レベルを半導体素子を製造可能なレベルまで清浄化する必要がある。

【0005】

従来、このようなタングステン(W)で汚染された処理チャンバーのクリーニングは、処理チャンバーを大気開放して、チャンバー内部部品を酸などでウェットクリーニングし、それに加えて真空チャンバー内壁を酸、水、または溶剤をしみこませたワイパーにより拭き取ることによって行っている。

【0006】

しかしながら、このようにクリーニングする場合には、処理チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンディショニングする時間等、数時間単位の時間を要し、スループットが低くなる原因となっている。このため、プラズマを用いたドライクリーニング方法が提案されている。

【0007】

プラズマによるドライクリーニングは、一般に、クリーニングガスをプラズマ化してチャンバー内に付着した堆積物を除去する方法である。このドライクリーニングにおいては、終点の判断が困難であるため、クリーニングの終了を時間管理で判断していた。しかし、時間管理による場合は、予め設定した時間を基準にクリーニングが終了するため、クリーニングの実際の終点と乖離が生じることがある。そして、クリーニングが不十分な場合はチャンバー内に堆積物が残留し、コンタミネーションを引き起こすため、再度クリーニングをやり直さなければならない煩雑さがあった。また、逆にクリーニング時間が長すぎる場合は、その分の時間とエネルギーが無駄に浪費されるという課題があった。従って、プラズマを用いたドライクリーニング方法を、タングステンで汚染された処理チャンバー

のクリーニングに適用する上でも、クリーニングの終点検出を確実にこなうことが重要になる。

【特許文献1】特開 2000-294550号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、プラズマ処理装置におけるタングステンで汚染された処理室を清浄化する際に、簡易な方法で終点を把握できるクリーニングの終点検出方法およびクリーニング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室をクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするにあたり、クリーニングの終点を検出するクリーニングの終点検出方法であって、

前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加するラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なうことを特徴とする、クリーニングの終点検出方法が提供される。

【0010】

上記第1の観点のクリーニングの終点検出方法において、前記クリーニングガスは、水素ガスと不活性ガスを含むガスであり、前記ラジカルは水素ラジカルであることが好ましい。また、前記基板の処理は、前記金属系膜を含む基板の酸化処理であることが好ましい。さらに、前記金属系膜がタングステン系膜であることが好ましい。またさらに、前記タングステン系膜を含む基板の酸化処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含む積層膜におけるポリシリコン膜の選択酸化処理であることが好ましい。また、前記選択酸化処理および前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマまたは平面アンテナ方式によるプラズマにより実施されるか、あるいは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。

【0011】

また、本発明の第2の観点によれば、金属系膜が形成された基板の処理に用いるプラズマ処理装置の処理室をクリーニングガスのプラズマによりクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理室内でクリーニングの進行に伴い増加するラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なうことを特徴とする、クリーニング方法が提供される。

【0012】

上記第2の観点のクリーニング方法においては、前記金属系膜がタングステン系膜であることが好ましい。また、前記基板の処理後、大気開放することなく前記処理室内にクリーニングガスを導入し、クリーニングガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることが好ましい。また、前記クリーニングは、誘導結合方式によるプラズマ、平行平板方式によるプラズマまたは平面アンテナ方式によるプラズマにより実施されるか、あるいは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。

【0013】

また、本発明の第3の観点によれば、コンピュータ上で動作し、実行時に、第2の観点のクリーニング方法が行なわれるようにプラズマ処理装置を制御することを特徴とする、制御プログラムが提供される。

【0014】

また、本発明の第4の観点によれば、コンピュータ上で動作する制御プログラムが記憶

されたコンピュータ記憶媒体であって、前記制御プログラムは、実行時に、第2の観点のクリーニング方法が行なわれるように、プラズマ処理装置を制御するものであることを特徴とする、コンピュータ記憶媒体が提供される。

#### 【0015】

また、本発明の第5の観点によれば、プラズマを発生させるプラズマ供給源と、前記プラズマにより、基板の処理を行なうための処理室を区画する処理容器と、前記処理容器内で前記基板を載置する基板支持台と、前記処理容器内を減圧するための排気手段と、前記処理容器内にガスを供給するためのガス供給手段と、第2の観点のクリーニング方法が行なわれるように制御する制御部と、を備えたことを特徴とする、プラズマ処理装置が提供される。

#### 【発明の効果】

#### 【0016】

本発明によれば、タングステンで汚染されたチャンバー内をプラズマによってドライクリーニングするにあたり、水素ラジカル ( $H^*$ ) の発光強度をモニターすることにより、タングステン汚染量を容易に把握することができる。これにより、プラズマによるドライクリーニングの終点を明確に判定することが可能となった。従って、従来の時間管理によるドライクリーニング方法において課題であったクリーニング不足に起因するコンタミネーションやクリーニングのやり直し、過剰なクリーニングなどを回避することができる。また、プラズマによるドライクリーニングの終点を明確に把握できたことによって、ウエット洗浄に対するドライクリーニングの優位性がより高められた。つまり、ウエット洗浄において必要であったチャンバーを大気開放する時間、チャンバー内パーツをウエット洗浄する時間、真空チャンバーの組み付け時間、チャンバー内を再排気する時間、および排気後のチャンバーを再コンディショニングする時間等を短縮しつつ、確実にチャンバー内をプラズマによってドライクリーニングすることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0017】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。

#### 【0018】

このプラズマ処理装置は、複数のスロットを有する平面アンテナ、特にRLSA (Radial Line Slot Antenna; ラジアルラインスロットアンテナ) にて処理室内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させることにより、高密度かつ低電子温度のマイクロ波プラズマを発生させ得るRLSAマイクロ波プラズマ処理装置として構成されており、例えば、ゲート電極のポリシリコンの側壁を選択酸化する処理に用いられる。このプラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。

#### 【0019】

チャンバー1内には被処理基板であるウエハWやダミーウエハWdを水平に支持するためのA1N等のセラミックスからなるサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、排気室11の底部中央から上方に延びる円筒状のA1N等のセラミックスからなる支持部材3により支持されている。サセプタ2の外縁部にはウエハWをガイドするためのガイドリング4が設けられている。また、サセプタ2には抵抗加熱型のヒータ5が埋め込まれており、このヒータ5はヒータ電源6から給電されることによりサセプタ2を加熱して、その熱で被処理体であるウエハWを加熱する。このとき、例えば室温から800℃まで範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンバー1の内周には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられている。

#### 【0020】



サセプタ 2 には、ウエハ W を支持して昇降させるためのウエハ支持ピン（図示せず）がサセプタ 2 の表面に対して突没可能に設けられている。

#### 【0021】

チャンバー 1 の側壁には環状をなすガス導入部材 15 が設けられており、このガス導入部材 15 にはガス供給系 16 が接続されている。ガス導入部材はシャワー状に配置してもよい。このガス供給系 16 は、Ar ガス供給源 17、H<sub>2</sub> ガス供給源 18、O<sub>2</sub> ガス供給源 19 を有しており、これらガスが、それぞれガスライン 20 を介してガス導入部材 15 に至り、ガス導入部材 15 からチャンバー 1 内に導入される。なお、ガスライン 20 の各々には、マスフローコントローラ 21 およびその前後の開閉バルブ 22 が設けられている。

#### 【0022】

上記排気室 11 の側面には排気管 23 が接続されており、この排気管 23 には高速真空ポンプを含む排気装置 24 が接続されている。そしてこの排気装置 24 を作動させることによりチャンバー 1 内のガスが、排気室 11 の空間 11a 内へ均一に排出され、排気管 23 を介して排気される。これによりチャンバー 1 内は所定の真空度、例えば 0.133 Pa まで高速に減圧することが可能となっている。

#### 【0023】

チャンバー 1 の側壁には、プラズマ処理装置 100 に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハ W や、ダミーウエハ W d の搬入出を行うための搬入出口 25 と、この搬入出口 25 を開閉するゲートバルブ 26 とが設けられている。

#### 【0024】

チャンバー 1 の上部は開口部となっており、この開口部の周縁部に沿ってリング状の支持部 27 が設けられており、この支持部 27 に誘電体、例えば石英や Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板 28 が O リング等のシール部材 29 を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー 1 内は気密に保持される。

#### 【0025】

マイクロ波透過板 28 の上方には、サセプタ 2 と対向するように、円板状の平面アンテナ部材 31 が設けられている。この平面アンテナ部材 31 はチャンバー 1 の側壁上端に係止されている。平面アンテナ部材 31 は、例えば表面が金メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、多数のマイクロ波放射孔 32 が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔 32 は、例えば図 2 に示すように長溝状をなし、典型的には隣接するマイクロ波放射孔 32 同士が「T」字状に配置され、これら複数のマイクロ波放射孔 32 が同心円状に配置されている。マイクロ波放射孔 32 の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長などに応じて決定される。なお、図 2 において、同心円状に形成された隣接するマイクロ波放射孔 32 同士の間隔を  $\Delta r$  で示している。また、マイクロ波放射孔 32 は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔 32 の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

#### 【0026】

この平面アンテナ部材 31 の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する遅波材 33 が設けられている。この遅波材 33 は、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。なお、平面アンテナ部材 31 とマイクロ波透過板 28 との間は密着した状態となっており、また、遅波材 33 と平面アンテナ 31 との間も密着されている。

#### 【0027】

チャンバー 1 の上面には、これら平面アンテナ部材 31 および遅波材 33 を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材からなるシールド蓋体 34 が設けられている。チャンバー 1 の上面とシールド蓋体 34 とはシール部材 35 によりシールされている。シールド蓋体 34 には、冷却水流路 34a が形成されており、そこに冷却水を通流さ

せることにより、シールド蓋体 34、遅波材 33、平面アンテナ 31、マイクロ波透過板 28 を冷却するようになっている。なお、シールド蓋体 34 は接地されている。

#### 【0028】

シールド蓋体 34 の上壁の中央には開口部 36 が形成されており、この開口部には導波管 37 が接続されている。この導波管 37 の端部には、マッチング回路 38 を介してマイクロ波発生装置 39 が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置 39 で発生した例えば周波数 2.45 GHz のマイクロ波が導波管 37 を介して上記平面アンテナ部材 31 へ伝搬されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、8.35 GHz、1.98 GHz 等を用いることもできる。

#### 【0029】

導波管 37 は、上記シールド蓋体 34 の開口部 36 から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管 37a と、この同軸導波管 37a の上端部にモード変換器 40 を介して接続された水平方向に延びる断面矩形状の矩形導波管 37b とを有している。矩形導波管 37b と同軸導波管 37a との間のモード変換器 40 は、矩形導波管 37b 内で TE モードで伝播するマイクロ波を TEM モードに変換する機能を有している。同軸導波管 37a の中心には内導体 41 が延在しており、この内導体 41 の下端部は、平面アンテナ部材 31 の中心に接続固定されている。これにより、マイクロ波は、同軸導波管 37a の内導体 41 を介して平面アンテナ部材 31 へ効率よく均一に伝播される。さらに、マイクロ波は、マイクロ波放射孔 32 を介してチャンバー 1 内に均一に導入される。

#### 【0030】

また、チャンバー 1 の側壁の下部には、クリーニングの終点検出の際に利用される透光性の窓 200 が設けられている。この窓 200 に隣接して受光部 201 が配備され、受光部 201 はプラズマの発光強度を測定するためのモノクロメータなどの分光制御計 202 と電氣的に接続されている。窓 200 を設けた位置は、平面アンテナ部材 31 から離れているためプラズマの影響を受けにくく、また排気経路にもなっていないため、窓 200 への付着物が少なく、安定して測定を行なうことが出来る。なお、分光制御計 202 の設置位置は特に限定されず、安定して測定可能な位置であればどの位置でもよい。また、チャンバー 1 内には、石英からなる円筒状のライナー 7 が設けられているので、窓 200 とライナー 7 を通してプラズマ中のラジカルの発光強度を測定可能である。ライナー 7 に開口を設けることは可能であるが、窓 200 への付着物防止の観点からはむしろ開口を設けないことが好ましい。

#### 【0031】

プラズマ処理装置 100 の各構成部は、CPU を備えたプロセスコントローラ 50 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 50 には、工程管理者がプラズマ処理装置 100 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置 100 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 51 が接続されている。

#### 【0032】

また、プロセスコントローラ 50 には、プラズマ処理装置 100 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 50 の制御にて実現するための制御プログラムや処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部 52 が接続されている。そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース 51 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 52 から呼び出してプロセスコントローラ 50 に実行させることで、プロセスコントローラ 50 の制御下で、プラズマ処理装置 100 での所望の処理、例えばゲート電極のポリシリコン側壁の選択酸化処理やクリーニングが行われる。また、前記レシピは、例えば、CD-ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、不揮発性メモリなどの読み出し可能な記憶媒体に格納された状態のものを利用したり、あるいは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させて利用したりすることも可能である。

また、プロセスコントローラ 50 は、接続手段 53 によって分光制御計 202 と電氣的に接続されているので、分光制御計 202 で検出された H<sup>\*</sup> ラジカル等の発光強度の情報

を解析し、クリーニングの終点判断を行なう。そして、プロセスコントローラ50の指示により、例えばクリーニングを自動停止したり、クリーニングが終了した旨をユーザーインターフェース51のディスプレイに表示したりする。

#### 【0033】

このように構成されたプラズマ処理装置100においては、上述したように、ゲート電極の選択酸化処理が行われる。ゲート電極は、従来、図3の(a)に示すように、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成したものが用いられてきたが、LSIの高集積化、高速化にともなうデザインルールの微細化の要請から、ゲート電極の低抵抗化が求められており、図3の(b)に示すような、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成し、さらにその上にタングステンシリサイド(WSi)64を形成したタングステンポリサイド構造や、図3の(c)に示すような、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成し、さらにタングステンナイトライド(WN)膜65、およびタングステン(W)膜66を形成した、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート構造等、タングステン(W)を用いたゲートが用いられている。したがって、ポリシリコンのみを酸化する選択酸化が必要となる。なお、図3の(a)～(c)において、符号67はゲート電極をエッチングする際に用いられた、例えばSiNからなるハードマスク層、68は選択酸化により形成された酸化膜である。

#### 【0034】

これらのうち、図3の(c)のタングステンポリメタルゲート電極を例にとってその製造工程を説明すると、まず、Si基板61上に例えば熱酸化等によりゲート絶縁膜62を形成し、その上にCVDによりポリシリコン膜63、タングステンナイトライド(WN)膜65、タングステン(W)膜66、ハードマスク層67を順次成膜し、その上にフォトレジスト膜(図示せず)を形成した後、フォトリソグラフィによりフォトレジスト膜をマスクとしてハードマスク層67をエッチングし、さらにフォトレジスト膜+ハードマスク層67またはハードマスク層67をマスクとしてタングステン(W)膜66、タングステンナイトライド(WN)膜65、ポリシリコン膜63を順次エッチングしてゲート電極構造を形成し、その後、以下の条件で選択酸化処理を行ってポリシリコン膜63の側壁に酸化膜68を形成し、図3の(c)の構造を得る。

#### 【0035】

プラズマ処理装置100によりゲート電極の選択酸化処理を行う際には、まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からゲート電極が形成されたウエハWをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。

#### 【0036】

そして、ガス供給系16のArガス供給源17、H<sub>2</sub>ガス供給源18、およびO<sub>2</sub>ガス供給源19から、Arガス、H<sub>2</sub>ガス、およびO<sub>2</sub>ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンバー1内に導入し、所定の圧力に維持する。この際の条件としては、例えば流量を、Arガス:1000mL/min、H<sub>2</sub>ガス:200mL/min、O<sub>2</sub>ガス:100mL/minと高H<sub>2</sub>ガス濃度の条件とし、チャンバー内圧力を3～700Pa、例えば6.7Pa(50mTorr)とする。

#### 【0037】

次いで、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をマッチング回路38を経て導波管37に導く。マイクロ波は、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1内におけるウエハWの上方空間に放射される。マイクロ波は、矩形導波管37b内ではTEモードで伝搬し、このTEモードのマイクロ波はモード変換器40でTEMモードに変換されて、同軸導波管37a内を平面アンテナ部材31に向けて伝搬されていく。

#### 【0038】

平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1に放射されたマイ

クロ波によりチャンバー 1 内では  $H_2$  ガス、 $Ar$  ガス、および  $O_2$  ガスがプラズマ化し、このプラズマによりウエハ W のゲート電極のポリシリコン側壁を選択酸化する。このマイクロ波プラズマは、略  $10^{11} \sim 10^{13} \text{ cm}^3$  以上のプラズマ密度でかつ  $0.7 \sim 2 \text{ eV}$ 、好適には  $1.5 \text{ eV}$  以下の低電子温度プラズマであり、低温かつ短時間で選択酸化処理を行って薄い酸化膜を形成することができ、しかも下地膜へのイオン等のプラズマダメージが小さい等のメリットがある。また、図 3 の (b)、(c) に示すようなタングステン (W) を含むゲート電極の場合に、このように高密度プラズマにより低温、短時間で、かつ高  $H_2/O_2$  比のガス配合でポリシリコンの選択酸化処理を行うので、タングステン (W) の酸化を抑制することができる。

#### 【0039】

しかしながら、タングステン (W) の酸化を完全に防止することはできないため、酸化により生成した  $WO_x$  が昇華し、チャンバー 1 内が汚染される。このような状態のチャンバー 1 で次のウエハに対して選択酸化処理を行う場合には、チャンバー 1 に付着したタングステン (W) が処理に悪影響を与えタングステン (W) がコンタミネーションとして素子に入り込むおそれがある他、タングステン (W) によって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、選択酸化処理後のチャンバー 1 はクリーニングによりタングステン (W) の汚染レベルを  $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$  オーダーまたはそれ以下のレベルまで清浄化する必要がある。汚染レベルは低いほど良い。

#### 【0040】

本実施形態においては、上述のようなタングステン (W) を含有するゲート電極のポリシリコン側壁の選択酸化処理を行った後、タングステン (W) によって汚染されたチャンバー 1 を大気開放することなく、プラズマによるドライクリーニングを実施する。これにより、ウエット洗浄に比較して、チャンバーを大気開放する時間、ウエット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンディショニングする時間等が節約され、クリーニング時間を著しく短縮することができる。一例を挙げれば、従来少なくとも 2 時間必要であったものを、2～30 分に行うことができる。

#### 【0041】

以下、このクリーニング処理について図 4 を参照しながら説明する。

選択酸化処理後、まず、図 4 の (a) に示すように、大気開放することなく、ゲートバルブ 26 を開にして減圧状態に保持された搬送室 70 から搬入出口 25 を介して搬送装置 71 により、清浄なダミーウエハ Wd をチャンバー 1 内に搬入し、サセプタ 2 上に載置する。これはダミーウエハ Wd にて、サセプタ 2 をプラズマから保護するため、およびチャンバー 1 のクリーニング後にダミーウエハ Wd の表面を観察して汚染状態の改善度合いを評価するために行われる。なお、この工程は必須のものではなく、サセプタ 2 のダメージを考慮する必要がない場合にはダミーウエハ Wd は載置しなくてもよい。

#### 【0042】

次に、図 4 の (b) に示すように、チャンバー 1 内を排気しつつガス供給系 16 から  $Ar/H_2/O_2$  からなるクリーニングガスをチャンバー 1 内に導入する。そして、図 4 の (c) に示すように、上記ポリシリコン側壁の選択酸化処理の際と同様、マイクロ波発生装置 39 からのマイクロ波をチャンバー 1 内に導き、クリーニングガスをプラズマ化する。すなわち、マイクロ波発生装置 39 からのマイクロ波は、マッチング回路 38 を経て導波管 37 に導かれ、矩形導波管 37b、モード変換器 40、および同軸導波管 37a を順次通って平面アンテナ部材 31 に供給され、平面アンテナ部材 31 からマイクロ波透過板 28 を経てチャンバー 1 内に放射され、このマイクロ波によりチャンバー 1 内に導入されたクリーニングガスがプラズマ化する。その際に、図 4 の (d) に示すように、このプラズマにより、基本的にチャンバー 1 に付着した  $WO_x$  は昇華するが、 $H_2$  ガスの添加により、 $WO_x$  が還元されてよりイオンなどの不安定な分子となり、いっそう昇華しやすくなるものと推測される。これにより、排気管 23 を介して容易に排気され、チャンバー 1 内が清浄化される。このようなクリーニング処理は、1 枚のデバイスウエハの選択酸化処理が終了する毎に行うことが好ましい。また、選択酸化処理に先立って、クリーニング処理

と同様の条件でシーズニング処理を行うことが好ましい。もちろん、デバイスウエハを複数枚処理した後にクリーニングするようにしてもよい。

#### 【0043】

このようなクリーニング処理において、チャンバー1内の圧力は、例えば3～700 Paに設定される。また、チャンバー1内の温度（例えば、チャンバー壁やサセプタ2の温度）は、45℃以上が好ましい。この際、サセプタ2の温度は高い方がよく、略400℃が特に好ましい。さらにマイクロ波発生装置39のパワーは1.0～50 kWが好ましい。また、クリーニング中は、連続的にチャンバー1の排気を行なってもよいが、間欠的に排気を行なうようにすることが好ましい。

#### 【0044】

導入するクリーニングガスは、例えば、H<sub>2</sub>ガス+Arガスでも、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスでもよい。H<sub>2</sub>ガスを適量加えることにより、クリーニング効果を高めることができる。ただし、H<sub>2</sub>ガスの流量を多くしすぎるとクリーニング効果は低下する。O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスの場合の流量は、O<sub>2</sub>ガス：10～500 mL/min、Arガス：200～2000 mL/min、H<sub>2</sub>ガス：40～2000 mL/minが好ましい。H<sub>2</sub>ガスとO<sub>2</sub>ガスとの流量比が4以上であればクリーニング効果を高めることができ、流量比8が特に好ましい。また、O<sub>2</sub>ガス+Arガスと、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスを交互に繰り返す、すなわちO<sub>2</sub>ガス+ArガスにH<sub>2</sub>ガスを間欠的に添加することにより、クリーニング効果をさらに高めることができる。さらに、図1の装置にHeガスまたはNeガスをチャンバー1内に導入するラインを設け、クリーニング条件のプラズマを生成する直前に、チャンバー内にHeガスまたはNeガスのプラズマを生成させることが好ましい。これにより、チャンバー1壁の表面温度をプラズマ加熱で上昇させておくことができ、WO<sub>x</sub>を一層昇華させやすくなるため、クリーニング効率が上昇する。さらに、マイクロ波発生装置39のパワーは1.0～5.0 kWが好ましい。

#### 【0045】

クリーニング中は、チャンバー1内のプラズマ中のラジカルの発光強度を分光制御計202によって測定する。分光制御計202では、受光部201で検知したプラズマの発光がスペクトルに分けられる。分光制御計202により測定されるラジカルの発光スペクトルの中から、クリーニングの進行に伴って増加するラジカル、例えば水素ラジカルH<sup>\*</sup>の波長656 nmの発光強度を測定し、モニターする。本実施形態では、H<sup>\*</sup>の発光強度が、ほぼ初期状態（Wによる汚染前の状態）まで回復した時点をもってクリーニングの終点を知ることができる。また、クリーニングの終点は、H<sup>\*</sup>の発光強度を経時的にグラフ化し、その変化率（例えば発光強度のグラフの接線の傾き）から判定することもできる。

#### 【0046】

水素ラジカルの発光強度によりクリーニングの終点検出が可能となるメカニズムは未だ明らかではないが、以下のように考えれば合理的な説明が可能となる。

チャンバー内を汚染しているタングステンは、多くの場合、酸化物（WO<sub>x</sub>）としてチャンバー壁等に付着しているものと考えられる。クリーニングガスプラズマ中のH<sup>\*</sup>は、このWO<sub>x</sub>を還元する際に消費されることから、クリーニングが進行し、残存WO<sub>x</sub>が低減するに従いH<sup>\*</sup>消費量も少なくなるため、H<sup>\*</sup>の発光強度が回復していき、WO<sub>x</sub>の残存がなくなった時点で、H<sup>\*</sup>の発光強度はほぼ初期状態（汚染前の状態）まで回復するものと推察される。

#### 【0047】

このように、本実施形態によれば、チャンバー1を大気開放することなくプラズマによりクリーニングする際に、H<sup>\*</sup>の発光強度をモニターすることにより、クリーニングの終点の検出を精度よく、確実に行えるので、クリーニング不足や過剰なクリーニングによる問題が生じることがなく、時間管理によってクリーニングを終了していた従来のクリーニング方法に比べて有利である。また、例えば、ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析装置）やTXRF（全反射蛍光X線分析）などにより時間と費用をかけてクリーニングの終点を確認する必要がない。

## 【0048】

次に、本発明の効果を確認した試験について説明する。

W汚染に対し、図1と同様のプラズマ処理装置100を用い、RLSAプラズマによるin-situ クリーニングを実施し、 $H^*$  の発光をモニターした。なお、この試験では、クリーニングガスとして、 $Ar/H_2/O_2$  の混合ガスを用い、流量比は $Ar/H_2/O_2 = 1000/400/50 mL/min$ 、チャンバー内圧力は、6.7 Pa (50 mT)、マイクロ波発生装置のパワー3.4 kW、サセプタ2の温度400℃、チャンバー壁温度45℃でクリーニングを実施した。

## 【0049】

まず、W汚染の無いチャンバー内に清浄なベアSiウエハ（ウエハ番号1）を搬入し、選択酸化プロセス条件にてプラズマ処理し、イニシャルサンプルを作成した。選択酸化プロセス条件は、処理ガスとして $Ar/H_2/O_2$  の混合ガスを用い、流量比は $Ar/H_2/O_2 = 1000/200/100 mL/min$ 、チャンバー内圧力は、6.7 Pa (50 mT)、マイクロ波発生装置のパワー3.4 kW、サセプタ2の温度400℃、チャンバー壁温度45℃で酸化膜の膜厚が8 nmとなるように実施した。

## 【0050】

ベアSiウエハ（ウエハ番号1）をチャンバー1から搬出した後、清浄なベアSiウエハ（ウエハ番号2）を搬入し、同様の選択酸化プロセス条件にてプラズマ処理を施した。プラズマ処理後のベアSiウエハ（ウエハ番号2）をチャンバーから搬出した後、60 nm程度の厚みで全面にタングステン（W）が蒸着されたWブランケットウエハ（ウエハ番号3）を搬入、酸化処理し、チャンバー内をタングステン（W）で強制的に汚染させた。

次に、W汚染ウエハ（ウエハ番号3）をチャンバー1から搬出し、清浄なベアSiウエハ（ウエハ番号4）を搬入し、前記選択酸化プロセス条件でプラズマ処理を実施し、モニターサンプルとした。

## 【0051】

ベアSiウエハ（ウエハ番号4）をチャンバー内から搬出した後、清浄なベアSiウエハ（ウエハ番号5）を搬入し、前記クリーニング条件でプラズマクリーニングを実施した。以降、ウエハ番号6～15までの清浄なベアSiウエハをチャンバーに入れ替えながら、チャンバー1に対し繰り返し同様のプラズマクリーニングを実施した。クリーニングの終了後、チャンバー内に清浄なベアSiウエハ（ウエハ番号16）を搬入して前記と同様の選択酸化プロセス条件でプラズマクリーニング処理を実施した。

## 【0052】

以上の各ウエハ処理において、モノクロメータにより $H^*$  の波長をモニターし、W汚染ウエハ（ウエハ番号3）を処理する前の $H^*$  の発光強度と、ドライクリーニング後の $H^*$  （波長：656 nm）の発光強度を比較した。以上の結果を図5に示す。図5には、チャンバー1内にウエハ番号1～16のウエハを入れて処理を行なった時の各発光強度と、クリーニング処理前後に行なったベアSiの選択酸化処理の膜厚を示している。この図5から、ベアSiウエハの処理枚数が増え、クリーニングが進むに従い、 $H^*$  の発光強度が回復していくことがわかる。また、この処理の後、ベアSiウエハ（ウエハ番号16）を搬出し、その表面のW汚染量をTXRF（全反射蛍光X線分析）により計測したところ、タングステン（W）は検出されず、クリーニングが完了していることが確認された。

## 【0053】

また、ウエハ番号1、2、4および16のウエハの選択酸化処理の際の酸化膜の厚さを測定した結果、1枚目では酸化膜の厚さが210秒の処理で7.85 nmであったのに対し、4枚目ではW汚染によりポリシリコンの酸化が妨げられて酸化膜の厚さが210秒で7.3 nmと薄くなった。これに対し、16枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは7.7 nmであり、チャンバー内のクリーニングが完了し、W汚染が解消されるに従い、W汚染による酸化阻害が生じなくなったことが確認された。

## 【0054】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々変形可能である。たとえば、上

記実施の形態では、処理装置としてマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播して低電子温度で高密度のプラズマを形成するプラズマ処理装置を用いたが、これに限らず、処理容器（チャンバー）内にW汚染が生じる処理装置であれば適用可能である。また、クリーニング処理をこのようなマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播してプラズマを生成することにより行ったが、これに限らず、容量結合方式や誘導結合方式、平行平板方式、平面アンテナ方式のプラズマ等の他のプラズマであってもよい。また、タングステン（W）以外の金属、例えば、Co、Ni、Hf、Ba、Sr、Ti、Zr、Ru等にも適用できる可能性がある。

#### 【0055】

さらに、クリーニングガスとして、H<sub>2</sub> ガス+A r ガス、O<sub>2</sub> ガス+H<sub>2</sub> ガス+A r ガスを例示したが、上記組み合わせにおいて、A r ガスを他の不活性ガス（He、Ne、Kr、Xe）に置き換えることも可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0056】

【図1】本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。

【図2】図1のマイクロ波プラズマ装置に用いられる平面アンテナ部材の構造を示す図。

【図3】ゲート電極の構造を示す図であり、（a）は従来のポリシリコンからなるゲート電極を示し、（b）、（c）は本発明の実施形態が適用されるW系膜を含むゲート電極を示す図。

【図4】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図5】クリーニングにおけるウエハの処理順番と発光強度または膜厚の関係を示すグラフ図。

#### 【符号の説明】

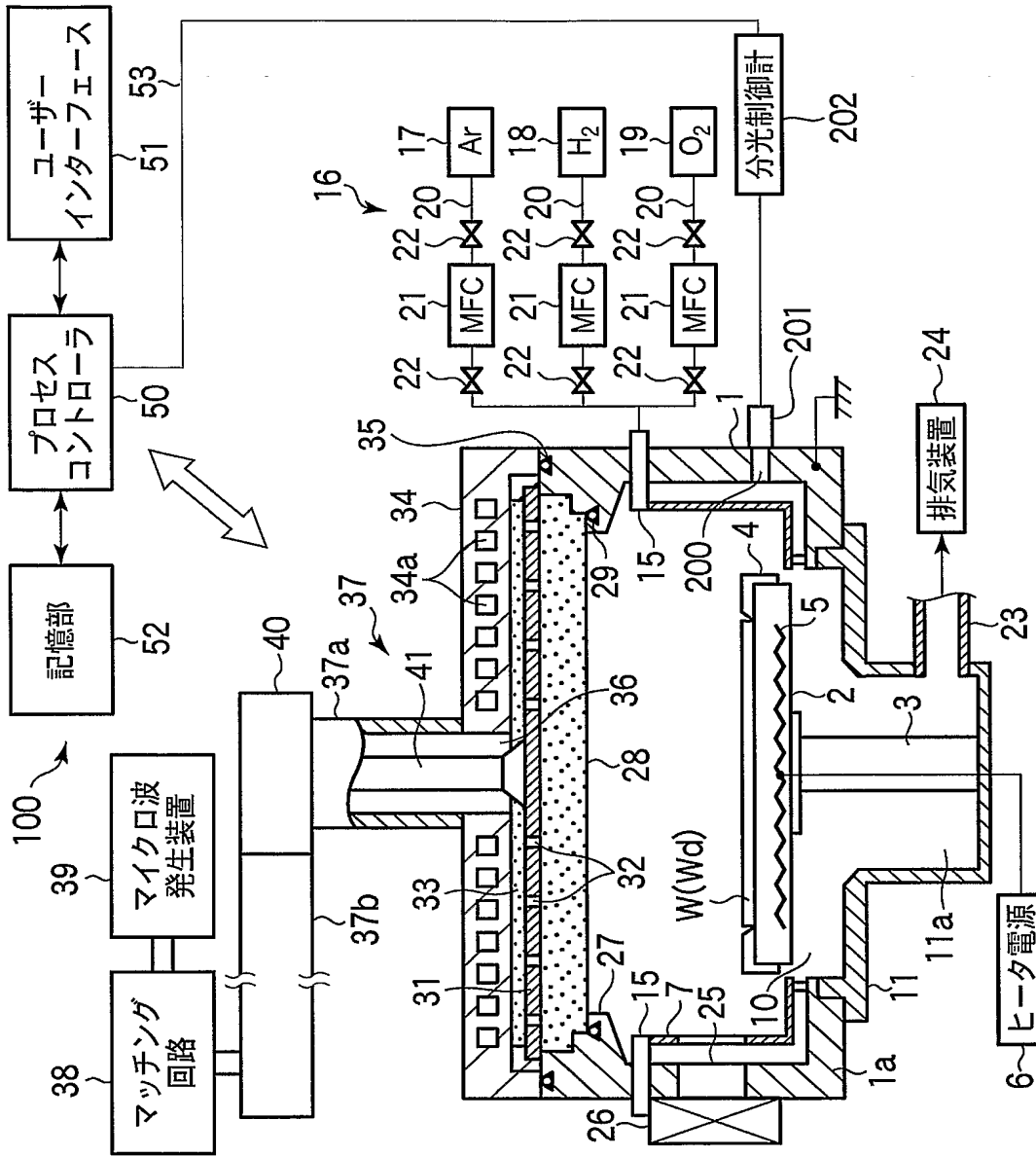
#### 【0057】

- 1…チャンバー（処理室）
- 2…サセプタ
- 3…支持部材
- 5…ヒータ
- 15…ガス導入部材
- 16…ガス供給系
- 17…A r ガス供給源
- 18…H<sub>2</sub> ガス供給源
- 19…O<sub>2</sub> ガス供給源
- 23…排気管
- 24…排気装置
- 25…搬入出口
- 26…ゲートバルブ
- 28…マイクロ波透過板
- 29…シール部材
- 31…平面アンテナ部材
- 32…マイクロ波放射孔
- 37…導波管
- 37a…同軸導波管
- 37b…矩形導波管
- 39…マイクロ波発生装置
- 40…モード変換器
- 50…プロセスコントローラ
- 61…Si基板

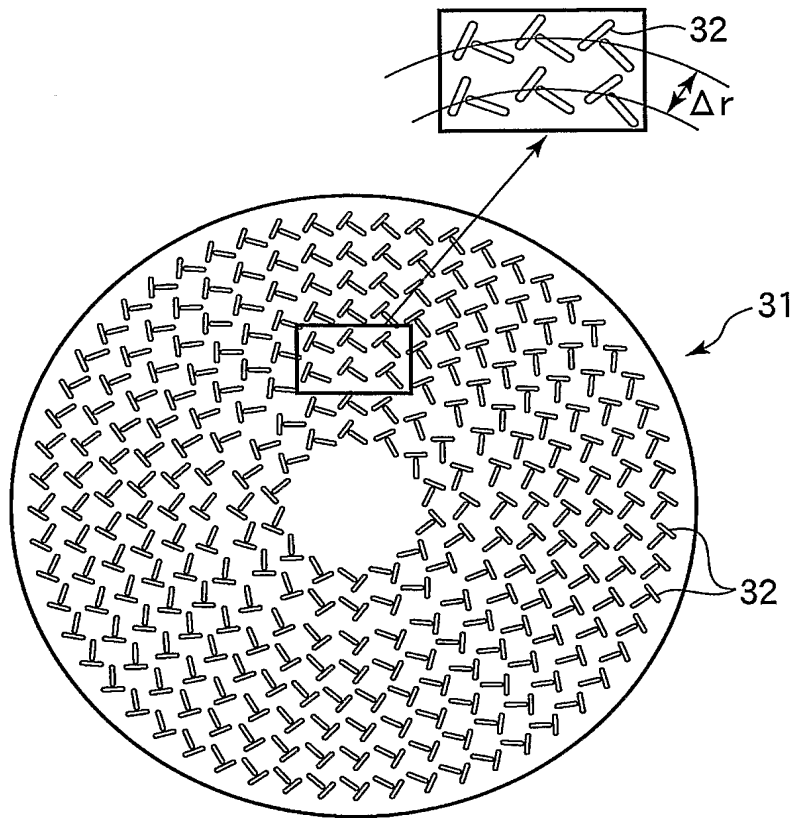
6 2 …ゲート絶縁膜  
6 3 …ポリシリコン膜  
6 4 …W S i 膜  
6 5 …W N 膜  
6 6 …W 膜  
6 8 …酸化膜  
7 0 …搬送室  
7 1 …搬送装置  
1 0 0 …プラズマ処理装置  
2 0 0 …窓  
2 0 1 …受光部  
2 0 2 …分光制御計  
W …ウエハ（基板）  
W d …ダミーウエハ



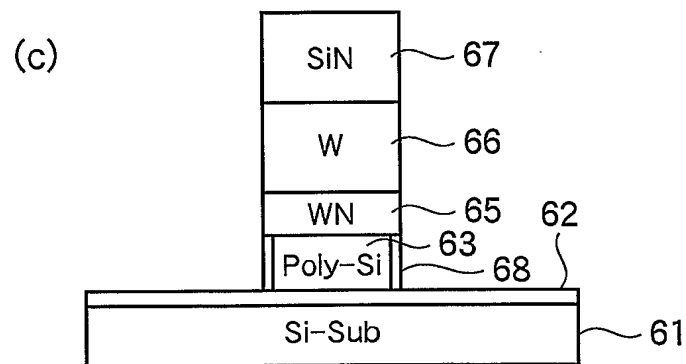
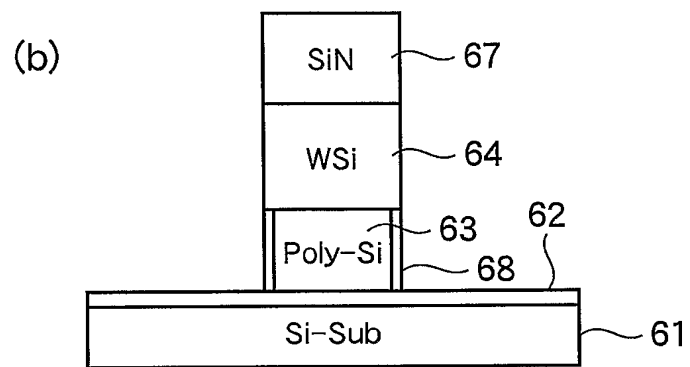
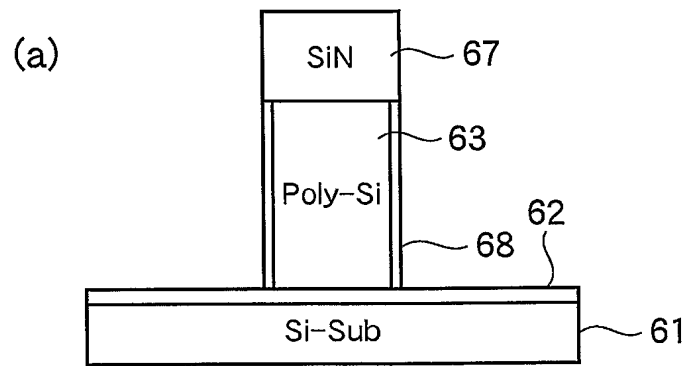
【書類名】 図面  
【図 1】



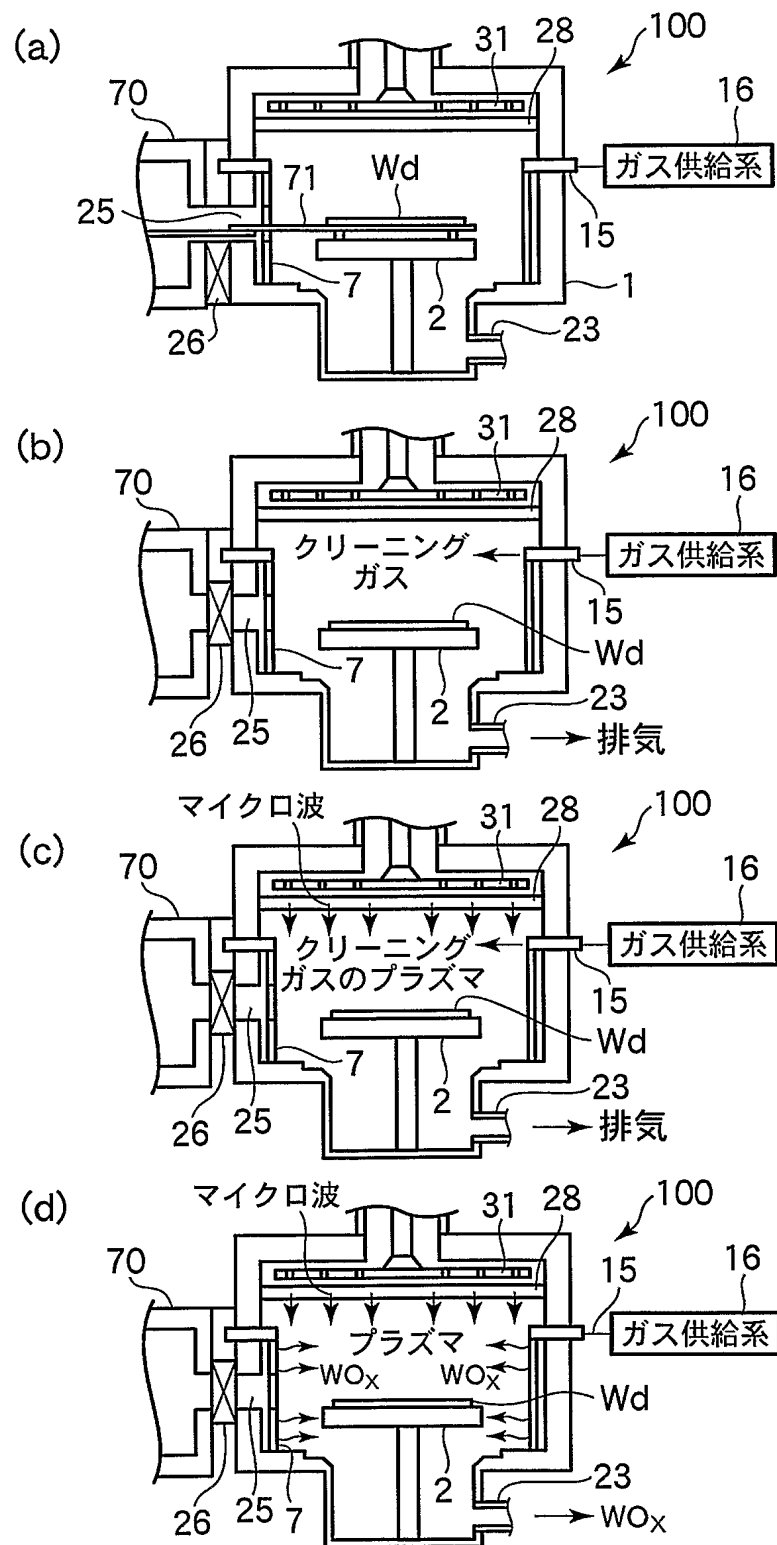
【図 2】



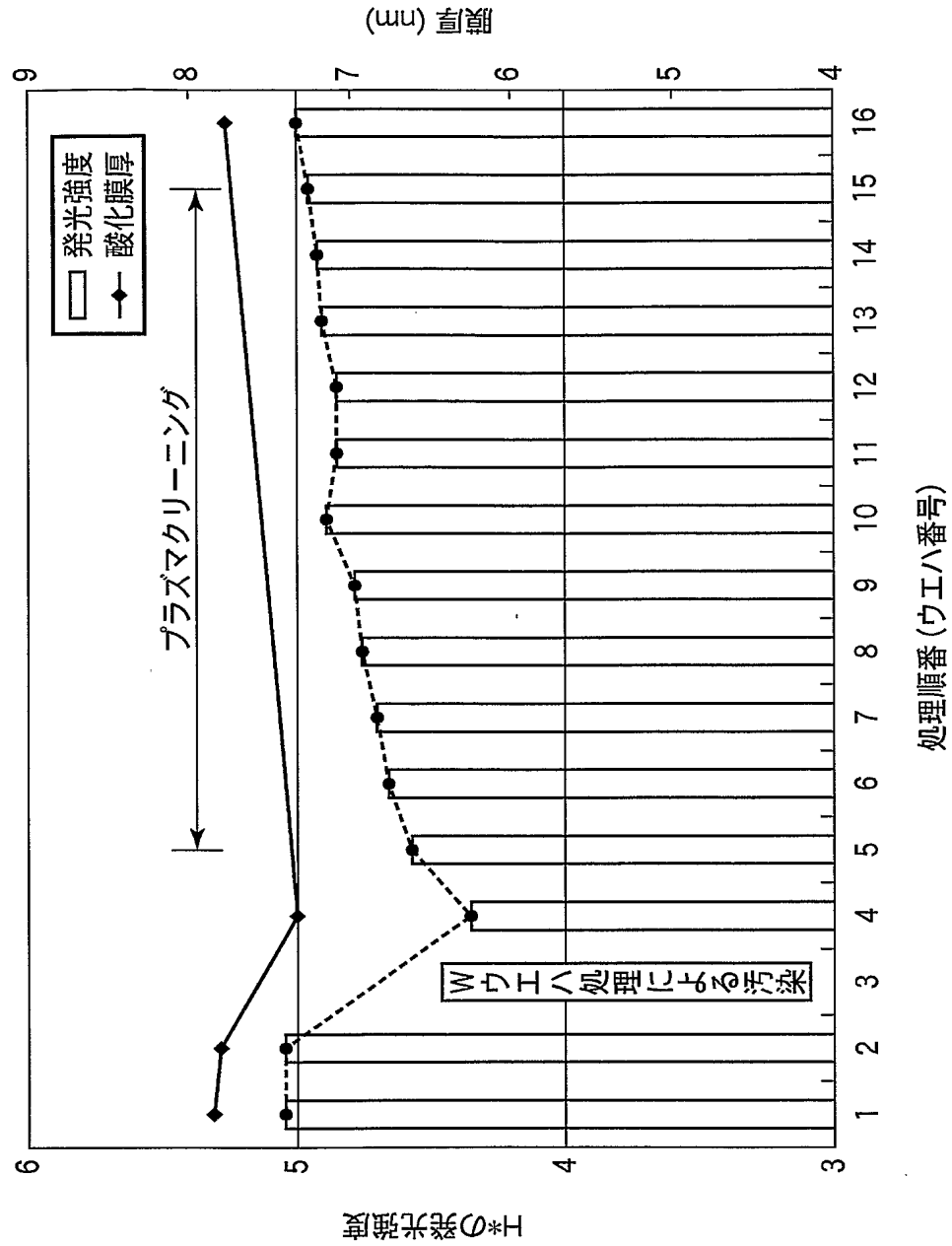
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プラズマ処理装置における金属で汚染された処理室を清浄化する際に、簡易な方法で終点の検出を把握できるクリーニングの終点検出方法およびクリーニング方法を提供する。

【解決手段】 所定のパターンで多数のスロットが形成された平面アンテナ (Radial Line Slot Antenna) を利用してマイクロ波発生源から導かれたマイクロ波をチャンバー内に放射し、プラズマを形成する R L S A マイクロ波プラズマ処理装置において、タングステン系膜が形成された基板の処理によりタングステンで汚染されたチャンバーを水素ガスと不活性ガスを含むクリーニングガスのプラズマを用いてドライクリーニングするにあたり、チャンバー内でクリーニングの進行に伴い増加する水素ラジカルの発光強度を測定し、その値からクリーニングの終点検出を行なう。

【選択図】 図 5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 3 2 6 3 1 6
受付番号	5 0 4 0 1 9 1 8 1 8 1
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 6 年 1 1 月 1 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成16年11月10日

特願 2 0 0 4 - 3 2 6 3 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社